

200 kHz 出力三相-单相マトリックスコンバータの入力電流波形改善に関する検討

学生員 高山 裕次 学生員 久保田 洋平 正員 野口 季彦 (静岡大学)

Study on Improvement of Input Current Waveform for 200-kHz Output Three-Phase to Single-Phase Matrix Converter

Yuji Takayama, Student Member, Yohei Kubota, Student Member, Toshihiko Noguchi, Member (Shizuoka University)

This paper proposes a leading current compensation of a 200-kHz output three-phase to single-phase matrix converter. The operating characteristics of the proposed and conventional methods are compared and evaluated. The simulation results show that the total harmonic distortion can effectively be improved while the input power factor is slightly sacrificed.

キーワード：マトリックスコンバータ, 誘導加熱, 入力電流波形

Keywords: Matrix converter, induction heating, input current waveform

1. まえがき

筆者らはこれまでに 200 kHz 出力三相-单相マトリックスコンバータにおいて負荷を広範囲に変化させた場合の入力力率 1 制御に関して検討し, シミュレーションで運転特性を確認してきた^{(1),(2)}。本稿では従来方式をインダイレクトマトリックスコンバータに適用した場合の問題点を述べるとともに, 進み電流補償により入力電流の総合歪率を改善する手法について検討したので報告する。

2. 制御原理

<2・1> 回路構成

図 1 に三相-单相マトリックスコンバータの主回路構成を示す。入力側は三相なので瞬時電力が一定であるが, 出力側は单相であるため 2 倍の周波数で電力が脈動する。しかし, 本稿で検討するように出力が 200 kHz と高周波である場合は, 入力側の LC フィルタにより瞬時電力のインバランスを吸収することができる。

<2・2> 制御原理

図 2 に制御ブロック図を示す。まず, 入力部は LC フィルタによる共振を抑制するために微分補償を施した入力電流と電源電圧を三相-二相変換する。電源位相を算出し回転座標変換した値と指令値との偏差を PI 制御器に入力し, その出力を再び三相量に戻して三角波キャリア比較を行う。そこで得られた信号と v_{cr} , v_{cs} , v_{ct} により三相-单相マトリックスコンバータのスイッチング信号を得る。出力部は 200 kHz の三角波キャリアから得た信号をもとに出力する極性を切り換える。

<2・3> 進み電流補償

インダイレクトマトリックスコンバータの場合は直流バ

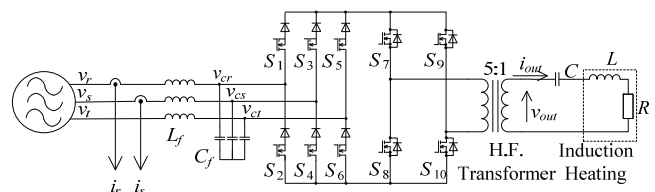


図 1 三相-单相マトリックスコンバータの主回路構成
Fig. 1. Main circuit configuration of three-phase to single-phase matrix converter.

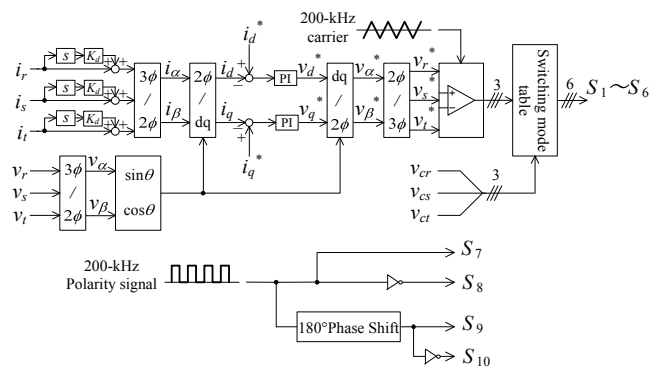
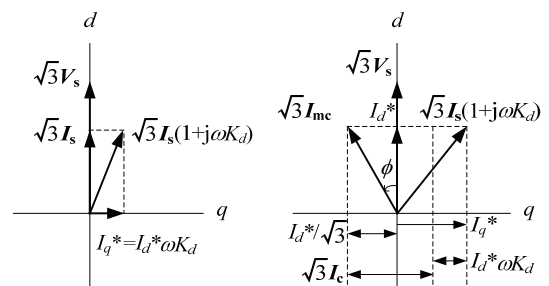


図 2 制御ブロック図
Fig. 2. Control block diagram.



(a) 入力力率 1 制御 ($\phi < \pi/6$) (b) 進み電流補償 ($\phi \geq \pi/6$)

図 3 進み電流補償
Fig. 3. Leading current compensation.

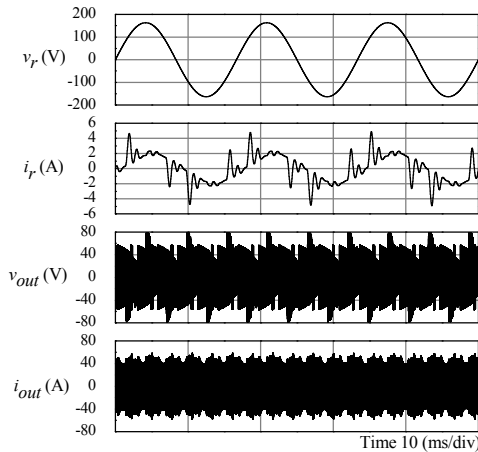


図 4 シミュレーション波形 (従来法)
Fig. 4. Simulation result (conventional control method).

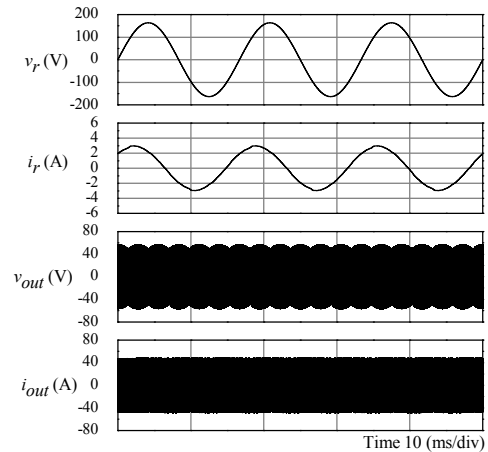


図 5 シミュレーション波形 (提案法)
Fig. 5. Simulation result (proposed control method).

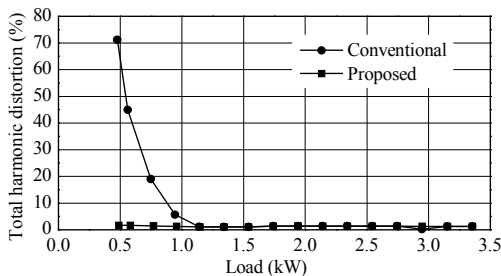


図 6 入力電流の総合歪率
Fig. 6. Total harmonic distortion of input current.

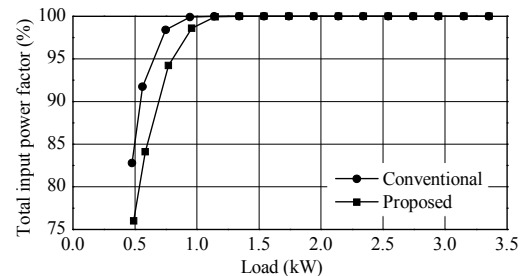


図 7 総合入力力率
Fig. 7. Total input power factor.

表 1 主回路の電気的パラメータ
Table 1. Electric parameters of main circuit.

Input Power Source	3φ, 200 V, 60 Hz
Input LC Filter	$L_f = 0.6 \text{ mH}, C_f = 50 \mu\text{F}$ ($L_f = 0.028 \text{ p.u.}, C_f = 0.15 \text{ p.u.}$)
Load	$R = 0.324 \Omega, L = 7.19 \mu\text{H}$
Output Resonant Capacitor	$C = 89.2 \text{ nF}$
Output Frequency	200 kHz

スが存在するため、そこで負極性出力することは不可能であり、その影響で入力電流に歪が生じる。そこで図 3 のような進み電流補償を施すことにより負極性出力を防ぎ入力電流の歪を改善する。負極性出力しようとする $\phi \geq \pi/6$ においては、 $\phi = \pi/6$ を保つように q 軸電流指令値を与える。 $\phi = \pi/6$ のとき、

$$\sqrt{3}I_s = \sqrt{3}I_{mc} + \sqrt{3}I_c, \quad \sqrt{3}I_c = \frac{I_d^*}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

であるので、 $\phi = \pi/6$ を保つには q 軸電流指令値に

$$\sqrt{3}I_c - \frac{I_d^*}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

を加えることで実現できる。また、 $\phi < \pi/6$ においては従来通り力率 1 制御を行う。 q 軸電流指令値を次式に示す。

$$I_q^* = \begin{cases} I_d^* \omega K_d & \left(\phi < \frac{\pi}{6} \right) \\ I_d^* \omega K_d + \sqrt{3}I_c - \frac{I_d^*}{\sqrt{3}} & \left(\phi \geq \frac{\pi}{6} \right) \end{cases} \quad (3)$$

3. シミュレーションによる運転特性の検証

表 1 に示すパラメータを用いてシミュレーションを行った。図 4 に従来の入力力率 1 制御を行った場合、図 5 に提案する進み電流補償を行った場合の波形 (0.48 kW 出力)、入力電流の総合歪率 (30 次まで) と総合入力力率を比較したものを図 6 と図 7 に示す。軽負荷時に従来のように入力力率 1 制御を行った場合、直流バスに負極性出力しようとするため入力電流が歪むが、進み電流補償した場合は入力力率を犠牲にすることで負極性出力を防ぎ入力電流の歪率を改善することができる。0.48 kW のような軽負荷時において、総合入力力率は従来法が 82.7 %であったのに対し、提案法は 75.9 %と悪化するが、総合歪率は従来法が 71.2 %であったのに対し、提案法は 1.62 %と大幅に改善できる。

4. まとめ

本稿では 200 kHz 出力三相-单相マトリックスコンバータのインダイレクト化について検討し、従来法と提案する制御方式を用いた場合の動作特性を比較評価した。シミュレーション結果より、軽負荷時 (0.48 kW 出力) において入力力率を犠牲にすることで入力電流総合歪率を 69.5 ポイント改善できることを確認した。

文 献

- (1) 小杉・野口・平石・市川:「誘導加熱用三相/单相マトリックスコンバータ」半導体電力変換研究会資料, SPC-10-036 (2010)
- (2) 高山・久保田・野口:「200 kHz 出力三相-单相マトリックスコンバータの入力電流波形改善法」電気学会全国大会, 4-028 (2011)
- (3) 石川・竹下:「三相/三相マトリックスコンバータの入力力率制御法」電学論 D, 129 巻, 3 号, p.p.258-266 (2009)